

Características composicionales de especies de amaranto utilizadas como verdura

Guadalupe Salvador-Martínez¹

Enrique Ortiz-Torres^{1,§}

Juan de Dios Guerrero-Rodríguez¹

Oswaldo Rey Taboada-Gaytan¹

José Andrés Herrera-Corredor²

Carlos Alberto Gómez-Aldapa³

1 Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Boulevard Forjadores de Puebla núm. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. CP. 72760. Tel. 222 2851445, ext. 2074. (pipis.1@outlook.com; grjuan2000mx@yahoo.com; toswaldo@colpos.mx).

2 Campus Córdoba-Colegio de Postgraduados. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. CP. 94953. Tel. 55 58046800, ext. 64838. (jandreshc@colpos.mx).

3 Área Académica de Química-Universidad Autónoma de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. CP. 42184. Tel. 771 7172000, ext. 2518 (cgomez@uaeh.edu.mx).

Autor para correspondencia: enriqueortiz@colpos.mx.

Resumen

Existen pocos estudios sobre la calidad nutrimental de las plantas jóvenes de las diferentes especies del género *Amaranthus*. El objetivo fue evaluar la calidad nutritiva de plantas de las especies *Amaranthus hypochondriacus* L., *A. cruentus* L. y *A. hybridus* L. cultivadas en los municipios de Zapotitlán de Méndez y Tochimilco, del estado de Puebla y el municipio de Temoac, Morelos, México. Se evaluaron 43 genotipos clasificados por especie y uso en 11 accesiones de *A. hypochondriacus* para grano, 12 de *A. hypochondriacus* para verdura, 8 de *A. cruentus* para grano y 12 de *A. hybridus* para verdura. El ensayo se estableció en 2019 en Zapotitlán de Méndez, Puebla, México. El corte de las plantas se realizó a los 40 días después de la siembra, posteriormente se secaron, molieron y almacenaron para realizar un análisis proximal a las muestras. Se encontró que no hubo diferencias ($p \leq 0.05$) entre las accesiones con uso como grano y como verdura en la mayoría de las variables medidas, excepto en fibra detergente neutro y peso seco de tallo. Entre especies solo hubo diferencias ($p \leq 0.05$) en fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y cenizas. Entre accesiones hubo diferencias ($p \leq 0.05$) en todas las variables, excepto en peso seco de hoja, peso seco de tallo y peso seco total. Las accesiones sobresalientes para ser aprovechadas como verdura por su alto contenido de proteína cruda y bajo contenido de fibra detergente ácido y de fibra dietaria fueron AV17, AV28, AV29, AV31 y Benito.

Palabras clave:

Amaranthus cruentus, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus hypochondriacus*, México.



Introducción

El amaranto se utiliza para la producción de grano; además, se usa como verdura, forraje, colorante y ornamental (Brenner *et al.*, 2000; Morales *et al.*, 2014). Las especies que se han utilizado como grano en México son *A. hypochondriacus* L. y *A. cruentus* L. (Espitia-Rangel *et al.*, 2010). Las plantas jóvenes de diferentes especies se utilizan como verdura, entre las que destacan: *A. hybridus* L., *A. retroflexus* L., *A. palmeri* S. Wats., *A. powellii* S. Watz., *A. dubius* y *A. spinosus* L. (Mapes *et al.*, 2012a).

Las ventajas del consumo de la planta de amaranto como verdura son las siguientes: tiene altos contenidos de proteína, pues se han reportado niveles desde 13.6 (Seguin *et al.*, 2013) hasta 33.5% (Morales *et al.*, 2014), las hojas contienen altos porcentajes de calcio, hierro, fósforo y magnesio, ácido ascórbico, vitamina A y fibra (Brenner *et al.*, 2000; Das, 2016). La calidad nutricional varía dependiendo de la especie (Mapes *et al.*, 1996; Mapes *et al.*, 1997; Brenner *et al.*, 2000), del genotipo (Shukla *et al.*, 2006), de la edad de la planta (Pospišil, *et al.*, 2009), de la parte de la planta (García-Pereyra, 2009) y del manejo agronómico (Abbasi *et al.*, 2012).

La Sierra Norte de Puebla es una de las regiones en México en donde existe diversidad genética, tradición productiva y cultura de consumo de amaranto como verdura (Mapes *et al.*, 2012b; Mapes *et al.*, 2013). En esta zona entre las especies usadas como verdura se encuentran *A. hypochondriacus* y *A. hybridus* (Mapes *et al.*, 2013).

Por otro lado, el área de producción de grano de amaranto en México se encuentra en el centro del país, principalmente en el estado Puebla, y la especie predominante es *A. hypochondriacus*. También en el estado de Morelos se produce amaranto para grano con la especie *A. cruentus*.

A pesar de que en México existe una amplia diversidad genética y cultural del consumo de amaranto como verdura entre la población, no existe información respecto a calidad nutrimental de la planta de las diferentes especies que existen en el país.

Un estudio enfocado a precisar la calidad nutricional de las diferentes especies aprovechadas para la producción de verdura podría dirigir la investigación con fines de selección de las especies y accesiones con mayores contenidos de nutrientes y palatabilidad para su uso en un programa de mejoramiento e incrementar los beneficios del cultivo y consumo de amaranto con este propósito entre la población. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la calidad nutritiva de plantas de las especies *Amaranthus hypochondriacus* L., *A. cruentus* L. y *A. hybridus* L. cultivadas en los municipios de Zapotitlán de Méndez y Tochimilco, Puebla y Temoac, Morelos, México.

Materiales y métodos

Se evaluaron 43 genotipos de amaranto, de los cuales 24 fueron poblaciones con uso como verduras recolectadas en el municipio de Zapotitlán de Méndez, Puebla. Este se ubica entre los paralelos 19° 59' y 20°02' de latitud norte, los meridianos 97° 39' y 97° 44' de longitud oeste y cuenta con una altitud promedio de 659 m. Además, se evaluaron 10 variedades mejoradas y nueve poblaciones utilizadas para la producción comercial de grano (Cuadro 1). Las poblaciones para grano fueron recolectas en los municipios de Tochimilco, Puebla y Temoac, Morelos, México.

Cuadro 1. Clave, especie, tipo de material y uso de los genotipos de amaranto evaluados en el ciclo PV-2019 en Zapotitlán de Méndez, Puebla.

Accesiones	Tipo	Especie	Uso
AV7, AV8, AV9, AV12, AV13, AV17, AV18, AV19, AV20, AV22, AV24, AV29, AV30, AV31	Colecta Zapotitlán	<i>A. hybridus</i>	Verdura
AV1, AV3, AV4, AV6, AV14, AV16, AV21, AV23, AV25, AV28		<i>A. hypochondriacus</i>	Verdura

Accesiones	Tipo	Especie	Uso
Amaranteca, Benito	Mejorada	<i>A. cruentus</i>	Grano
CP15, CP34, CP36, CP38, CP39, CP40	Colecta Temoac	<i>A. cruentus</i>	Grano
CP2, CP30, CP43	Colecta Tochimilco	<i>A. hypochondriacus</i>	Grano
Areli, Diego, Gabriela, Laura, Nutrisol, PQ2, Revancha, Rojita	Mejorada	<i>A. hypochondriacus</i>	Grano

El municipio de Tochimilco se encuentra entre los paralelos 18° 50' y 19° 02' de latitud norte, los meridianos 97° 18' y 97° 27' de longitud oeste y tiene una altitud promedio de 2060 m y una precipitación anual de 900 mm. El municipio de Temoac se ubica geográficamente a 18° 46' 20" de latitud norte y 98° 46' 39" longitud oeste, a una altura media de 1 580 msnm y con precipitación pluvial anual de 857 mm. La clave, especie, tipo de material y uso de los genotipos de amaranto evaluados se presentan en el Cuadro 1.

La preparación del terreno consistió en eliminar las malezas presentes, la remoción de la tierra con azadón y la formación de surcos de 25 cm de ancho. La parcela experimental constó de dos surcos de 25 cm de ancho por 5 m de largo. La siembra se realizó el 22 de septiembre de 2019, se depositaron 2 g de semilla a 'chorrillo' por parcela y se cubrió con una capa de un centímetro de suelo. No se aplicó fertilización química, debido a que se siguió el manejo local que se le da al cultivo. El diseño experimental empleado fue de bloques al azar con dos repeticiones.

La siembra se estableció en la localidad de Zapotitlán, del municipio de Zapotitlán de Méndez, Puebla, México, que se localiza geográficamente a 20° 0' 30.377" latitud norte y 97° 42' 52.056" longitud oeste. El municipio presenta un clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año, con temperaturas de 18 a 22 °C y una precipitación media anual que va de los 2 000 a los 2 500 mm (INEGI, 2015).

Las parcelas se cosecharon a los 40 días después de la siembra. Las plántulas se cortaron a 2 cm de la superficie, separaron tallos y hojas, colocaron en una bolsa de papel y secaron en estufa de aire forzado (Thermo Scientific) a 55 °C por 48 h. Todas las muestras se molieron en un molino ciclónico marca Foss Tecator® con malla de 1 mm y se guardaron en bolsas (Ziploc®) para su posterior análisis. Los análisis se realizaron en el laboratorio del Colegio de Postgraduados Campus Puebla durante 2020.

VARIABLES DE ESTUDIO

En cada parcela se cosechó toda la plántula y se separaron las hojas y los tallos, los cuales se secaron en estufa de aire forzado (Thermo Scientific) a 55 °C por 48 h y se determinó en gramos el peso seco de hoja (PSHO) y el peso seco de tallo (PSTAL). El Peso seco total (PSTO) es la sumatoria del PSTAL más PSHO, expresado en gramos. La fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) y lignina (LIG) se establecieron usando una determinación secuencial siguiendo los protocolos de Ankom Technology (2006) para análisis de fibra.

La determinación de FDN se realizó por duplicado con 0.5 ±0.0015 g de muestra en un analizador de fibra Ankom 200/220 (Ankom, Macedon, NY, USA). Secuencialmente se realizó la determinación de FDA por duplicado y finalmente se llevó a cabo la determinación de lignina con una concentración de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 72%. La determinación de proteína cruda (PC) se llevó a cabo por el método de Micro Kjeldahl y se realizó por triplicado. En un tubo de ensayo se pesaron 0.2 g de muestra, 0.8 g de selenio y se adicionó 3 ml de ácido sulfúrico.

Se colocaron en el digestor (digestor Kjeldahl DIK-20, Prendo) a 350 °C y transcurridas dos horas y media se procedió a verificar la muestra hasta que presentara un color verde claro transparente. A cada tubo se le adicionaron 10 ml de agua destilada y 10 ml de NaOH. Se colocaron en el destilador recibiendo el destilado en un vaso de precipitado de 5 m que contenía 5 m de H₃BO₄ con cinco gotas de tashiro. Se destiló hasta obtener 20 ml y se vertió cada destilado en un matraz Erlenmeyer para titularlo con HCL 0.1 N.

La cuantificación fibra dietaria total (FDT) se llevó a cabo mediante el Kit de ensayo de fibra dietaria (TDF100A, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA), el cual se basa en la metodología enzimática-gravimétrica descrita por la AOAC (AOAC, 1997), con algunas modificaciones. Se utilizó 1 g de muestra y se hizo por duplicado.

A cada muestra se le añadieron 50 ml de buffer fosfato pH 6, 0.1 ml de α -amilasa y fueron colocándolos en baño maría a 95 °C por 15 min. Se enfrió a temperatura ambiente ajustando a un pH de 7.5, con 10 ml de NaOH al 0.275 N. Se le adicionaron 0.1 ml de una solución 50 mg ml⁻¹ de proteasa en buffer de fosfatos y se incubaron en baño maría a 60 °C por 30 min. Se enfrió a temperatura ambiente y se ajustó a pH 4-4.6 agregando 10 ml de HCl al 0.325 N. Finalmente, se le agregaron 0.1 ml de amiloglucosidasa y se dejó por 30 min en baño maría a 60 °C.

Las soluciones de cada muestra se filtraron a vacío en papel filtro y a cada sobrenadante se le adicionaron cuatro volúmenes de etanol al 95%. Cada una de las soluciones se filtró a vacío en crisoles gooch (puestos previamente a peso constante), a los cuales previamente se les añadieron 0.5 g de celite, el celite se humedeció con etanol al 78% y el residuo fue lavado con 30 ml de etanol al 78%, 20 ml de etanol al 95% y 20 ml de acetona. Los crisoles se secaron en una estufa (Shell Lab, Sheldon, Cornelius, OR, USA) a 100 °C y se registraron los pesos.

Para cuantificar la fibra dietaria se utilizaron las siguientes fórmulas: fibra insoluble= peso papel filtro con fibra-peso seco del papel filtro. El (%) fibra insoluble= (fibra insoluble/gramos de la muestra utilizada) x 100. La fibra soluble= peso seco del crisol + celite + muestra seca del crisol con celite. El % fibra soluble= (fibra soluble/gramos de la muestra utilizada) x 100. Fibra dietaria total= % fibra insoluble + (%) fibra soluble.

El contenido de cenizas (CNZ) en las muestras se midió de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978.

Los carbohidratos solubles (CAB) se determinaron con el método Clegg-Anthrone (Thimmaiah, 1999). Se pesaron 0.5 g por muestra y se colocaron en un matraz Erlenmeyer, se le agregaron 10 ml de agua destilada y se agitó. Posteriormente se le adicionaron 13 ml de solución de ácido perclórico y se agitó en un agitador orbital (Orbit 1900, Labnet International Inc. USA) durante 20 min. Se aforó a 50 ml con agua destilada y se filtró. A continuación, se diluyeron 10 ml del extracto a 100 ml con agua destilada.

Se pasó 1 ml del filtrado diluido al tubo de ensayo y se le adicionaron inmediatamente 5 ml de reactivo de antrona recién preparado. Se taparon los tubos y se colocaron en baño maría durante 20 min a 100 °C. Los tubos se enfriaron a temperatura ambiente y se procedió a leer en el espectrofotómetro a 630 nm.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey). El modelo estadístico empleado fue un diseño anidado de tres estados descrito por Montgomery (2013): $y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_{j(i)} + \eta_{k(ji)} + \varepsilon_{(ijkl)}$. Donde: y_{ijkl} = es el valor de la característica en estudio observado; μ = es la media general del experimento; τ_i = es el efecto del i th uso; $\beta_{j(i)}$ = es el efecto de la j th especie dentro del i th uso; $\eta_{k(ji)}$ = es el efecto de la k th genotipo dentro de la j th especie y del i th uso; y $\varepsilon_{(ijkl)}$ = es el término del error. En los análisis se usó el programa SAS versión 9.3 (SAS Inst., 2011)

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios de las características evaluadas en las poblaciones de amaranto. En el factor de variación uso sólo hubo diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) en PSTAL y FDA. En el factor de variación especie anidado en uso [E (U)] hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en FDN y FDA y diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en cenizas. En el factor de tratamiento anidado en uso y especie [T (U E)] únicamente en las variables respuesta PSHOJA, PSTAL y PSTO no hubo diferencias significativas entre las accesiones evaluadas; en el resto hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$).

Cuadro 2. Cuadrados medios del uso, especie y tratamiento de las variables evaluadas en poblaciones y variedades de amaranto. Zapotitlán de Méndez, Puebla, 2019.

Variable	Cuadrados medios			CV
	Uso	E (U)	T (U E)	
GL	1	2	39	
PSHO	636 ns	1420 ns	721.7 ns	39
PSTAL	2679 **	587.5 ns	237.9 ns	36.1
PSTO	5971.3 ns	3449.8 ns	1462.7 ns	34.4
CENIZAS	0.024 ns	4.1 *	0.9932 **	3.1
PC	3 ns	22.1 ns	8.5 **	9.1
FDN	64.7 ns	195.9 **	35.9 **	3.1
FDA	256.9 **	225.9 **	30.3 **	11.5
LIGNINA	8.4 ns	4.2 ns	7.2 **	38.6
CAB	7.9 ns	17.6 ns	9.5 **	16.6
FDT	3.3 ns	106 ns	44 **	4.5

G= grados de libertad; E (U)= especie (uso); T (U E)= tratamiento (uso especie); PSHO= peso seco de hoja; PSTAL= peso seco de tallo; PSTO= peso seco total; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; FDT= fibra dietaria total; CAB= carbohidratos; PC= proteína cruda; CV= coeficiente de variación. *, ** = estadísticamente significativo a los niveles de 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns= no significativo.

Medias por uso

Las poblaciones o variedades de amaranto que se usan para producir grano no fueron significativamente diferentes de aquellas que tienen como uso principal la obtención de verdura (Cuadro 2), en cuanto a contenido de PC, FDN, LIG y FDT, CNZ, PSHO y PSTO. Esta información contribuye a considerar que todas las especies de amaranto estudiadas tienen similar calidad de planta. Sin embargo, se encontró que las especies con uso para grano, comparado con los amarantos con uso para verdura, tuvieron mayor concentración de FDA y PSTAL.

En el análisis de medias por uso se encontró en la variable PSTAL que los amarantos para grano (45.7 g) tuvieron un mayor peso ($p \leq 0.05$) que las especies con uso de verdura (34.2 g). Según Mapes *et al.* (1997), las especies con uso como verdura tienen mayor producción de hoja por la selección que le ha realizado el hombre. En la variable FDA, los amarantos para grano tienen mayor valor (26%) ($p \leq 0.05$) que los de verdura (23.4%). Esta característica da indicio de mejor palatabilidad de las especies de verdura.

Esto concuerda con lo reportado por Mapes *et al.* (1996); Mapes *et al.* (1997); Brenner *et al.* (2000) quienes mencionan que los amarantos usados como verdura tienen mejores características para el consumo como planta tierna como mejor palatabilidad. Sin embargo, Stodahl *et al.* (1999), al evaluar accesiones para grano y verdura, hallaron que las accesiones difirieron en calidad; por ejemplo, mayo contenido de proteína cruda y menor FDN y FDA, pero las diferencias no estuvieron relacionadas al tipo de amaranto (grano o verdura), sino que fueron independientes de su uso principal al cual se destinan, ya que hubo poblaciones sobresalientes en calidad en ambos tipos de uso.

Medias por especie

Al comparar la calidad de plántula entre las diferentes especies (Cuadro 3), se encontró que las tres especies evaluadas presentaron iguales contenidos de PSHO, PSTAL, PSTO, PC, Lignina, FDT y CAB. Sin embargo, hubo diferencias significativas en contenidos de FDN, FDA y Cenizas.

Cuadro 3. Medias por especie de algunas variables estudiadas en el análisis proximal en tres especies de amaranto. Zapotitlán de Méndez, Puebla, México en 2019.

Esp	Uso	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	FDT (%)	CNZ (%)	CAB (%)	PSHO (g)	PSTAL (g)
crue	G	14.1 a	40.1 b	24 b	4.8 a	67.9 a	20.1 b	5.2 a	57.5 a	49.9 a
hypo	G	14.6 a	43.3 a	27.9 a	4.2 a	71.7 a	20.4 ab	4.8 a	54.1 a	41.2 a
hypo	V	13.6 a	42 a	24.9 b	4.1 a	67 a	19.9 b	4.8 a	57.8 a	37.3 a
hybri	V	14.7 a	38.9 b	22 c	3.9 a	69.1 a	20.7 a	6 a	42.7 a	31.1 a
DMS		1.4	1.8	1.9	1.6	4.7	0.5	1.8	21.8	18.9

Esp= especie; cruen= *A. cruentus*; hypo= *A. hypochondriacus*; hybri= *A. hybridus*; G= grano; V= verdura; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; LIG= lignina; FDT= fibra dietaria total, CNZ= cenizas; CAB= carbohidratos; PSHO= peso seco de hoja; PSTAL= peso seco de tallo. Medias con la misma letra en la misma columna son iguales estadísticamente ($p \leq 0.05$). DMS= diferencia mínima significativa.

En FDN las especies de *A. hypochondriacus* para grano y para verdura tuvieron los mayores valores con 42 y 43.3%, respectivamente, los cuales superaron ($p \leq 0.05$) al de *A. cruentus* (40.1%) y *A. hybridus* (38.9%). Los niveles de FDN encontrados son parecidos a los reportados por otros investigadores. Seguin *et al.* (2013), observaron concentraciones entre 37.2 y 40.15% en *A. hypochondriacus*. Pospíšil *et al.* (2009), quienes estudiaron tres diferentes etapas de desarrollo de *A. hypochondriacus*, encontraron valores en el intervalo de 42.3 a 47.8% de FDN. En *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*; Stordahl *et al.* (1999) reportaron el 35%. Sleugh *et al.* (2001) encontraron de 31 a 43%; García-Pereyra *et al.* (2009) calcularon contenidos en tallo de 66.4 a 73.1% y en hoja de 38.2 a 47.4%.

En FDA, *A. hypochondriacus* para grano presentó el valor más alto con 27.9% ($p \leq 0.05$). En segundo lugar, estuvieron *A. hypochondriacus* para verdura y *A. cruentus* con 24.9 y 24%, respectivamente, mientras que *A. hybridus* tuvo un contenido de 22%. Los menores valores de FDA de *A. hybridus* concuerdan con lo reportado por Mapes *et al.* (1997) en especies usadas para verdura y son un indicio de mejor palatabilidad.

Otros investigadores han reportado niveles de FDA parecidos a los encontrados en este estudio. Seguin *et al.* (2013) reportaron 24.7-29.1% en *A. hypochondriacus*. Abbasi (2012) en esta misma variable, encontró entre 20.7-21.5%; Pospíšil *et al.* (2009) en tres diferentes estados de desarrollo de la planta reportaron de 27.4 a 36.6%. En trabajos donde estudiaron *A. hypochondriacus* y *A. hybridus*, Sleugh *et al.* (2001) observaron 17.4% a los 42 días después de la emergencia y Stordahl *et al.* (1999) encontraron 26% a la octava semana. Por su parte, García-Pereyra *et al.* (2009) en *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* encontraron de 66.4-73.1% en tallo y de 38.2-47.4% en hoja.

Algunos autores refieren que la selección realizada por el hombre ha provocado la obtención de plantas más apetecibles en las poblaciones utilizadas para la obtención de verdura, en comparación con las que se destinan para la producción de grano, ya que estas últimas centran su crecimiento en la producción de semilla (Mapes *et al.*, 1996; Mapes *et al.*, 1997; Brenner *et al.*, 2000).

En cenizas, las especies con mayor contenido ($p \leq 0.05$) fueron *A. hybridus* y *A. hypochondriacus* grano con 20.7 y 20.4%, respectivamente. En segundo lugar, estuvieron *A. cruentus* grano y *A. hypochondriacus* para verdura con 20.1 y 19.9%, respectivamente. Estos valores son parecidos a lo que reportan otros investigadores. Morales *et al.* (2014) encontraron en *A. cruentus* 16.1 a 21.6%, en *A. hypochondriacus* 21.2% y en *A. hybridus*, de 23 a 28.3%. También García-Pereyra *et al.* (2009) en *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*, obtuvieron 16.3-18.9% en tallo y 23 a 28.3% en hoja.



Medias por accesiones

Se encontró que el contenido de PC estuvo entre 11.1 y 17.8% (Cuadro 4), con una media general de 14.3%. Un grupo formado por 14 poblaciones y variedades mejoradas tuvieron los mayores niveles de proteína ($p \leq 0.5$) con valores entre 14.9 y 17.8%. Este grupo incluyó representantes de las tres especies y de los dos usos evaluados. De la especie *A. hypochondriacus* de grano estuvo CP30, CP2, Gabriela, Nutrisol, Areli y PQ2.

Cuadro 4. Promedios de algunas variables evaluadas en el grupo superior en proteína cruda de 43 accesiones de amaranto. Zapotitlán de Méndez, Puebla, México en 2016.

Accesión	Uso	Esp	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	FDT (%)	CNZ (%)	CAB (%)
AV31	V	hybr	17.8 [†]	34.6 [†]	20.2 [†]	2.5 [†]	67.3 [†]	20.5	3.1
Nutrisol	G	hypo	16.6 [†]	41.7	27.1	4.6	75.5	20.5	3.9
Amarantec	G	crue	15.9 [†]	44.5	23.7	4.6	64.6 [†]	19.2	4.8
AV28	V	hypo	15.7 [†]	38.4 [†]	22.6 [†]	3.8	70.4 [†]	20.2	6.4 [†]
Areli	G	hypo	15.7 [†]	43.3	24.4	3.8	78.9	20.2	6.4 [†]
CP39	G	crue	15.6 [†]	38.5 [†]	23.2	3.5	75.3	20.2	5.7 [†]
CP30	G	hypo	15.6 [†]	47.7	25.9	4.6	76.2	20.5	6.8 [†]
AV29	V	hybr	15.2 [†]	38 [†]	21.2 [†]	2.8 [†]	67.8 [†]	20.7	5.6 [†]
CP2	G	hypo	15.2 [†]	42.7	26.8	2.4 [†]	70.2 [†]	20	5
AV17	V	hybr	15.1 [†]	35.8 [†]	19.8 [†]	3.7	66.4 [†]	20.5	7.4 [†]
AV18	V	hybr	15.1 [†]	46	25.5	4	65.7 [†]	20.5	4.2
AV9	V	hybr	14.9	43.2	14.3 [†]	4.2	76.8	20.5	5.8 [†]
Benito	G	crue	14.9 [†]	36.9 [†]	20.3 [†]	5	67.4 [†]	20	3.9
Gabriela	G	hypo	14.9 [†]	41.8	27.5	4.5	73.9	20.7	6 [†]
PQ	G	hypo	14.9 [†]	43.3	28.1	6.1	70 [†]	20.5	4.6
AV25	V	hypo	14.7	44.3	26.4	1.7 [†]	76.3	20	7.1 [†]
AV23	V	hypo	14.6	41.6	23.7	3.5	65.6 [†]	20.2	5.7 [†]
AV20	V	hybr	14.6	32.8 [†]	22.4 [†]	5.7	65.4 [†]	21	7.7 [†]
AV30	V	hybr	14.4	39.8 [†]	22.3 [†]	3.9	69.4 [†]	21	7.7 [†]
Diego	G	hypo	14.4	41	25.6	3.6	71.6 [†]	20.5	5.7 [†]
AV12	V	hypo	14.2	38 [†]	19.3 [†]	3.1 [†]	71.6 [†]	16 [†]	5.2
AV21	V	hypo	14.2	39.3 [†]	21 [†]	4.4	66.5 [†]	20.2	3.2
AV13	V	hybr	14.2	37.6 [†]	22.8 [†]	3 [†]	72.6	20.7	4.7
CP15	G	crue	14.2	38.6 [†]	21.5 [†]	3.8	68.6 [†]	20.5	3.5
DMS			3.1	7.5	8.5	4.8	10.6	2.61	2.5

Esp= especie; V= verdura; G= grano; hypo= *A. hypochondriacus*; crue= *A. cruentus*; hybr= *A. hybridus*; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; FDT= fibra dietaria total, CNZ= cenizas; CAB= carbohidratos; PSHO= peso seco de hoja; PSTAL= peso seco de tallo. [†]= medias pertenecientes al grupo estadísticamente superior ($p \leq 0.05$). DMS= diferencia mínima significativa.

En *A. hypochondriacus* de verdura estuvo AV28. En *A. cruentus* fueron CP39, Amaranteca y Benito. En *A. hybridus* fueron AV17, AV29, AV18, AV 31 y AV9. Este resultado refuerza que el consumo de amaranto como verdura es una importante fuente de proteína de origen vegetal saludable para el consumo humano. En general la media observada se encuentra en el nivel reportado por otros investigadores. Morales *et al.* (2014) declararon valores de 20.9 a 33% en *A. cruentus*, de 21.6% en *A. hypochondriacus* y de 22.1 a 33.5% en *A. hybridus*.

En *A. hypochondriacus* se han reportado diversos valores; por ejemplo, Seguin *et al.* (2013) determinaron 13.6 y 15.2%; Pospišil *et al.* (2009) 15.2 a 21.6% y Abbasi *et al.* (2012) de 24.3 a 26.5%. Esta amplia variación en el contenido de proteína se debe al ambiente, especie, manejo y edad de la planta en la que se hizo la determinación (Stodahl *et al.*, 1999; Sleugh *et al.*, 2001; Pospišil *et al.*, 2009).

Los valores de FDN encontrados estuvieron entre 32.8 y 49%, con una media de 41.2%. Los valores más bajos de FDN los tuvieron las siguientes especies y accesiones. En *A. hypochondriacus* (verdura) AV-28, AV12 y AV21. En *A. hybridus* AV20, AV17, AV30, AV19, AV29, AV13 y AV31. En *A. cruentus* CP39, Amaranteca, CP15, CP34 y CP40. Mientras que en *A. hypochondriacus* grano no hubo ninguna accesión con bajo nivel de FDN. Diversos investigadores consideran que los bajos niveles de FDN presentes en el amaranto lo convierten en una opción para el consumo humano y como forraje para rumiantes (Stordahl et al., 1999; García-Pereyra et al., 2009; Pospíšil et al., 2009).

Los valores de FDA estuvieron entre 14.3 y 34.6% y la media fue de 24.7%. El grupo con menor cantidad de FDA estuvo constituido en *A. hypochondriacus* verdura por las poblaciones AV28, AV12 y AV21, en *A. hybridus* por AV30, AV20, AV17, AV29, AV9, AV13 y AV31, en *A. cruentus* por CP15 y Benito, mientras que en *A. hypochondriacus* grano no hubo accesiones sobresalientes.

Los valores de lignina variaron entre 1.6 a 8%, con una media de 4.2%. Para esta variable, el grupo de accesiones con el menor contenido ($p \leq 0.5$) estuvo integrado por poblaciones o variedades de diferentes especie y uso: en *A. hypochondriacus* verdura fueron los genotipos AV25, AV12, AV14, AV3 y AV24, en *A. hybridus* AV29, AV13 y AV31, en *A. hypochondriacus* grano CP2, CP43 y Revancha, en *A. cruentus* no hubo ningún representante sobresaliente.

Los valores obtenidos fueron parecidos a los reportados por Seguin et al. (2013) en *A. hypochondriacus* quienes reportaron valores entre 2.5 y 3.1%. Sleugh et al. (2001) en *A. hypochondriacus* y *A. hybridus* quienes determinaron valores de 1.7 a 2.9% a los 42 días después de la emergencia, por su parte Abbasi (2012) en *A. hypochondriacus* encontró niveles de 2.5 a 2.68%. La variación en Lignina se puede deber al genotipo, condiciones de producción, edad de la planta y a la selección por parte de los productores.

Los valores de FDT estuvieron entre 62.16 a 78.87% en los 43 genotipos evaluados. Los genotipos con mayor promedio de FDT ($p \leq 0.5$) estuvieron entre 74.7 y 78.8%. Este grupo estuvo integrado por AV6, AV25 de *A. hypochondriacus* verdura; AV8, AV9 y AV13 de *A. hybridus*; CP39 de *A. cruentus* y CP30, Areli y Gabriel de *A. hypochondriacus* grano. Con base en los resultados de FDT se encontró que las muestras tienen fibra altamente fermentable, porque contienen altas cantidades de fibras solubles e insolubles.

Un buen contenido de fibra dietaria en los alimentos es importante porque se recomienda un consumo de 18-38 g por día para un estado óptimo de salud en adultos; sin embargo, en México no se satisfacen tales requerimientos (Vilcanqui-Pérez y Vilchez-Perales, 2017). El contenido de cenizas varió de 16 a 21% y fueron similares a los encontrados en diversos estudios, Wesche-Ebeling et al. (1995) en *A. retroflexus*, *A. palmeri* y *A. blitoides* reportaron niveles de 16.9 al 22.1%. Onyango et al. (2008) encontraron 19.2% en promedio en diversas especies de amaranto.

En CAB las medias de las accesiones estuvieron en un rango de 1.5 a 8.4%. El grupo sobresaliente estuvo integrado por 20 genotipos de todas las especies y uso evaluados, estos tuvieron un promedio entre 5.7 y 8.4%. Los valores encontrados en este estudio fueron similares a los 4.1% reportados por Nehal et al. (2016) en *A. lividus*; a los 3.4% de Asaolu et al. (2012) en *A. hybridus* y a los 7% por Mensah et al. (2008) en *A. cruentus*. La variación observada en CAB se explica debido a que los niveles de estos compuestos son influenciados por las condiciones de siembra, crecimiento, manipulación y fertilización de la planta (Marshall, 1985).

Las diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre accesiones en todas las variables medidas y la existencia de genotipos estadísticamente superiores en contenido de PC, FDN, FDA, LIG, FDT, CNZ y CAB, muestra la diversidad en calidad de las plántulas que existen en las diferentes especies de amaranto. Esa diversidad concuerda con estudios previos, ya que se ha reportado diversidad morfológica dentro de especies de amaranto para verdura (Mapes et al., 2012a; Mapes et al., 2013).

La selección de materiales de amaranto con plántulas que tienen alto nivel de proteína y bajo contenido de FDA y de FDN se podrá obtener una producción de verdura de alta calidad y palatabilidad; en este caso se podría provechar de *A. hypochondriacus* verdura AV28, en *A. hybridus* AV17, AV29, AV31 y en *A. cruentus* la variedad Benito.

Conclusiones

Entre accesiones de amaranto clasificados por tipo de uso no se observaron diferencias entre los materiales en la mayoría de las variables evaluadas; no obstante, las accesiones con uso para grano tuvieron mayor concentración de fibra detergente ácido y peso seco de tallo comparado con los de verdura. Entre accesiones clasificados por especie y uso se observó que presentan contenidos similares en la mayoría de las variables evaluadas. Sin embargo, las especies *A. hypochondriacus* de tipo grano y verdura presentaron valores altos de fibra detergente neutro, mientras que *A. hypochondriacus* para grano, tuvo los mayores valores en fibra detergente ácido.

Cuando se analizaron las colectas o variedades, sin considerar especie o uso, se encontró una gran variación en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en peso seco de hoja, peso seco total y peso seco de tallo, lo cual evidencia la existencia de una diversidad genética amplia dentro de las diferentes especies estudiadas. Los materiales sobresalientes para ser aprovechadas como verdura por su alto contenido de proteína cruda y bajo contenido de fibra detergente ácido y de fibra dietaría fueron AV17, AV28, AV29, AV31 y Benito.

Bibliografía

- 1 Abbasi, D.; Rouzbehan, Y. and Rezaei, J. 2012. Effect of harvest date and nitrogen fertilization rate on the nutritive value of amaranth forage (*Amaranthus hypochondriacus*). *Animal Feed Science and Technology*. 171(1):6-13. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2011.09.014>.
- 2 Ankom Technology. 2006. Operator's manual Ankom 200/220 Fiber Analyzer. Macedon, NY, USA: Ankom Technology. 27 p.
- 3 AOAC. 1997. Method 985.29, section 45.4.07. Official Methods of Analysis of Association of the Official Analytical Chemist 16th Ed. Washington, DC, USA. Association of Official Analytical Chemists. 399-400 pp.
- 4 Asaolu, S. S.; Adefemi, O. S.; Oyakilome, I. G.; Ajibulu, K. E. and Asaolu, M. F. 2012. Proximate and mineral composition of Nigerian leafy vegetables. *Journal of Food Research*. 1(30):214-218. Doi: 10.5539/jfr.v1n3p214.
- 5 Brenner, D. M.; Baltensperger, D. D.; Kulakow, P. A.; Lehmann, J. W.; Myers, R. L.; Slabbert, M. M. and Sleugh, B. B. 2000. Genetic resources and breeding of *Amaranthus*. In: Janick, J. (Ed). *Plant breeding reviews* 19. John Wiley and Sons. Toronto, Canada. 227-285 pp. <https://doi.org/10.1002/9780470650172.ch7>.
- 6 Das, S. 2016. *Amaranthus: a promising crop of future*. Springer. Taki, West Bengal, India. 13-42 pp.
- 7 Espitia-Rangel, E.; Mapes-Sánchez, C.; Escobedo-López, D.; De la O-Olán, M.; Rivas-Valencia, P.; Martínez-Trejo, G.; Cortés-Espinoza, L. y Hernández-Casillas, J. M. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Celaya, Guanajuato, México. 156-175 pp.
- 8 García-Pereyra, J.; Valdés-Lozano, C. G. S.; Olivares-Saenz, E.; Alvarado-Gómez, O.; Alejandre-Iturbide, G.; Salazar-Sosa, E. y Medrano-Roldán, H. 2009. Rendimiento de grano y calidad del forraje de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado a diferentes densidades en el noreste de México. *Phyton*. 78(1):53-60. <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v78n1/v78n1a10.pdf>.
- 9 INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Compendio de Información Geográfica Municipal 2010 Zapotitlán. 2-10 pp. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos-geograficos/21/21209.pdf>.

- 10 Mapes, C. S.; Caballero, J. S.; Espitia, E. R. and Bye, R. A. 1996. Morphophysiological variation in some Mexican species of vegetable *Amaranthus*: evolutionary tendencies under domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 43(2):283-290. <https://doi.org/10.1007/BF00123280>.
- 11 Mapes, C. S.; Basurto, F. P. and Bye, R. A. 1997. Ethnobotany of quintonil: knowledge, use and management of edible greens *Amaranthus* spp. (*Amaranthaceae*) in the Sierra Norte de Puebla, México. *Economic Botany*. 51(3):293-306. <https://doi.org/10.1007/BF02862099>.
- 12 Mápes-Sánchez, C.; Díaz-Ortega, A. y Blancas, J. V. 2012a. Caracterización de germoplasma de amaranto (*Amaranthus* spp.) para verdura. In: Espitia-Rangel, E. Ed. *Amaranto: Ciencia y Tecnología*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Celaya, Guanajuato, México. 183-201 pp.
- 13 Mapes-Sánchez, C.; Basurto-Peña, F. y Bautista, L. N. 2012b. Manejo y cultivo de *Amaranthus* spp. como Quelite en la Sierra Norte de Puebla, México. Folleto. Universidad Autónoma de México (UNAM). México, DF. 3-31 pp.
- 14 Mapes-Sánchez, C.; Basurto-Peña, F. y Díaz-Ortega, A. 2013. Diversidad de "quintoniles" (*Amaranthus* spp.) en la Sierra Norte de Puebla, México. Universidad Autónoma de México. Distrito Federal, México. Folleto. 3-79 pp.
- 15 Marshall, J. D. 1985. Carbohydrate, status as a measure of seedling quality. *Scientia Agraria Paranaensis*. 5(2):63-66 pp.
- 16 Mensah, J. K.; Okoli, R. I.; Ohaju-Obodo, J. O. and Eifediyi, K. 2008. Phytochemical, nutritional and medical properties of some leafy vegetables consumed by edo people of Nigeria. *African Journal of Biotechnology*. 7(14):2304-2309.
- 17 Montgomery, D. C. 2013. Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons Eighth Ed. Arizona, USA. 617-725 pp.
- 18 Morales, G. J. C.; Vázquez-Mata, N. y Bressani-Castignoli, R. 2014. El amaranto: características y aporte nutricio. Trillas. México, DF. 53-88 pp.
- 19 Nehal, N.; Mann, S. and Gupta, R. K. 2016. Nutritional and phytochemical evaluation of *A. lividus* L. syn. *Amaranthus blitum* subsp. oleraceus (L.) Costea leaves. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 14(4):669-674. [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/35250/1/IJTK%2015\(4\)%20669-674.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/35250/1/IJTK%2015(4)%20669-674.pdf).
- 20 Onyango, C. M.; Shibairo, S. I.; Imungi, J. K. and Harbinson, J. 2008. The physic-chemical characteristics and some nutritional values of vegetable amaranth sold in Nairobi-Kenya. *Ecology of food and nutrition*. 47(8):382-398. <https://doi.org/10.1080/03670240802003926>.
- 21 Pospšil, A.; Pospšil, M.; Mašiš, D. and Svešnjac, Z. 2009. Yield and quality of forage sorghum and different amaranth species (*Amaranthus* spp.) Biomass. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 74(2):85-89. <https://hrcak.srce.hr/39337>.
- 22 SAS. 2011. Institute Inc. SAS/STAT 9.3. User's guide. Cary, North Carolina. USA. SAS Institute Inc. 105-114 pp.
- 23 Seguin, P.; Mustafa, A. F.; Donnelly, D. J. and Gélinas, B. 2013. Chemical composition and ruminal nutrient degradability of fresh and ensiled amaranth forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93(5):3730-3736. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6218>.
- 24 Shukla, S.; Bhargava, A.; Chatterjee, A.; Srivastava, A. and Singh, S. P. 2006. Genotypic variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) for foliage yield and its contributing traits over successive cuttings and years. *Euphytica*. 151(1):103-110. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9134-3>.
- 25 Sleugh, B. B.; Moore, K. J.; Brummer, E. C.; Knapp, A. D.; Russell, J. and Gibson, L. 2001. Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Science*. 41(2):466-477. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.412466x>.

- 26 Stordahl, J. L.; Di Costanzo, A. and Sheaffer, C. C. 1999. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. *Journal of Production Agriculture*. 12(2):249-253. <https://doi.org/10.2134/jpa1999.0249>.
- 27 Thimmaiah, S. R. 1999. Standard methods of biochemical analysis, Kalyani publishers. New Delhi, India. 58-59 pp.
- 28 Vilcanqui-Pérez, F. y Vílchez-Perales, C. 2017. Fibra dietaría: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 67(2):146-156. <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0004-06222017000200010>.
- 29 Wesche-Ebeling, P.; Maiti, R.; García-Díaz, G.; González, D. I. and Sosa-Alvarado, F. 1995. Contributions to the botany and nutritional value of some wild *Amaranthus* species (*Amaranthaceae*) of Nuevo Leon, México. *Economic Botany*. 49(4):423-430. <https://doi.org/10.1007/BF02863094>.



Características composicionales de especies de amaranto utilizadas como verdura

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 July 2024
Date accepted: 01 November 2024
Publication date: 24 December 2024
Publication date: Nov-Dec 2024
Volume: 15
Issue: 8
Electronic Location Identifier: e3094
DOI: 10.29312/remexca.v15i8.3094

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Amaranthus cruentus

Amaranthus hybridus

Amaranthus hypochondriacus

México

Counts

Figures: 0

Tables: 4

Equations: 0

References: 29

Pages: 0